第４章　実験・実習時の安全の基本

第４章　実験・実習時の安全の基本

４．１　電気、情報機器の取り扱い

４．１．１　電気の取り扱い

電気を取り扱う際には、感電死傷、電気火災、供給支障の防止に留意しなければならないが、ここでは、低圧電気の電撃危険性について述べる。感電事故の対応については２．４．９項を、電気による事故の予防については３．３．２項を参照すること。

（１）電撃の危険因子

電撃の危険性は、主に次の因子によって定まる。

① 通電電流の大きさ（人体に流れた電流の大きさ）
② 通電時間（電流が人体に流れていた時間）
③ 通電経路（電流が人体のどこを流れたか）
④ 電源の種類（直流か交流か，周波数など）

このほか、間接的には、人体抵抗や電圧の大きさが関係する。

（２）電撃と人体反応

電撃を受けた時、通電電流の大きさや通電時間等により、感知、けいれん、呼吸困難、心拍停止といった反応が人体に現れる。これらの電撃反応に対する発生限界は国際電気標準会議（IEC）によると次のようである。

１）感知電流

感覚によって本人が直接感知できる最小の電流を感知電流という。この値は、通電時間に関係なく 0.5mA である。

２）離脱電流

誤って充電部分をつかんでも、自分の意志で離すことのできる最大の電流を離脱電流という。この値は通電時間により異なるが、通電時間に関係ない領域としては 10mA である。

３）心室細動電流

心室細動の発生限界となる電流を心室細動電流という。心室細動とは、心室の各部分が無秩序な収縮を繰り返し、正常な心拍が行われない状態であり、電撃で起こりやすい反応である。いったん心室細動が起こると、感電源を除去しても一般には心室細動は収まらないので*、死に至る電流値と考えるべきである。この値は、通電経路が左手→両足の場合として、表 4－1 のようである。

表 4－1　心室細動電流

通電時間	通電電流
10ms	500mA
100ms	400mA
1s	50mA
10s	40mA

＊除細動を行うには AED（自動体外式除細動器）を使用する（巻頭資料－8 参照）。

（３）リスク軽減のために

電撃を受けないためには、正しい知識を持って注意して作業することが必要であるが、万一電撃を受けた場合には、通電経路や接触・人体抵抗などの条件が危険性に影響する。

通電経路に関しては、右手から両足に流れる場合と左手から両足に流れる場合とでは、心臓への影響の少ない前者の方が安全である。したがって、分電盤スイッチや電源コンセントの操作な

どは、右手で行うよう心掛けること。

接触抵抗及び人体抵抗に関しては、皮膚が直接充電部に触れた、足元の床が水で濡れていた、汗をかいていた等の悪い条件では、通電電流が大きくなり、危険性が高まる。夏場でも皮膚が露出しない服装を着用し、濡れた手で作業しないなどの安全対策が必要である。

４．１．２　情報機器の取り扱い

パソコンやその周辺機器などの情報関連機器を取り扱う場合、一般の電気機器を扱う際の注意に加えて、ディスプレイやキーボードによる作業によって健康を損なわないための注意が必要である。このような VDT（Visual Display Terminals）作業の安全対策として、平成 14 年に厚生労働省による新ガイドライン「VDT 作業における労働衛生管理のためのガイドライン」が策定されている。

作業時間

長時間の作業を連続して行わない。一連続作業時間が 1 時間を超えないようにし、次の連続作業までの間に 10～15 分の作業休止時間を設け、かつ一連続作業時間内において 1～2 回程度の小休止を設け、体の屈伸などその場でできる軽い体操などを行う。

作業姿勢

VDT 作業では、同じ姿勢の持続が腕や首、腰などに負担を与えたり、眼精疲労の原因ともなるので、自分の体に合わせて椅子の高さや位置、ディスプレイの距離と角度を調節する。

また、焦点距離が約 40～50 cm となるような眼鏡の着用が望ましい。画面と顔（眼）の距離を約 40 cm 以上離すとともに、ひじの角度 90 度またはそれ以上の適当な角度とするのがよい。

ディスプレイ画面の輝度（明るさ）とコントラストを上げ過ぎないように注意する。キーボードや書類などの明るさは 300～1000 ルックスになるような照明を用いる。

４．２　高圧ガスと圧力容器の取り扱い

高圧装置が破裂事故を起こすと、高速度で飛散する破片や急激に放出されるガスの衝撃波によって、人体及び装置・設備に多大な損傷を与える。また、使用ガスや周辺に存在する薬品などによる爆発、火災など、大きな二次災害を伴う場合も多い。

実験者はもとより、高圧ガスの保管・取り扱いに係る関係者は、正しい知識を得ておくこと。なお、各種ガスの取り扱いについては、８.２.２項を参照すること。

４．２．１　高圧ガス

高圧ガスとは、ゲージ圧力 1 MPa（約 10 kgf/cm^2）以上のガス又は圧力が 0.2 MPa（約 2 kgf/cm^2）になる温度が 35℃以下である液化ガスと定義されている（高圧ガス保安法）。大学の実験室等においても高圧ガスの貯蔵方法、貯蔵場所、貯蔵量を正確に把握しておく必要がある。

また、圧力と体積の積が 0.004 MPa･m^3 を超える圧力容器は、第一種圧力容器としての規制を受ける（ボイラー及び圧力容器安全規則）。

４．２．２　圧力容器（ガスボンベ）の取り扱い

各種の高圧ガスは、圧力容器（通称「ガスボンベ」）で広く利用されている。以下に、圧力容器（以下、「容器」）の運搬、保管、使用時における取り扱いの注意事項を述べる。

（１）運　搬

- 容器弁を確実に閉め、必ずキャップを付ける。
- 容器を粗暴に扱わない。容器はどのような場合にも衝撃を与えない。
- 容器を床上で移動するときは、キャリアー（キャスター付きスタンド）を使用するか又は、斜めに立てて容器底面で転がして移動する。容器を 2 人で持ち歩いたりしない。
- アセチレンおよび液化ガスの容器は絶対に横にしてはならない。

（２）保　管

- 容器の保管場所は、直射日光を避け、通風、換気のよい場所を選ぶ。
- 容器は上下 2 箇所を鎖で緩みなく固定する。ボンベスタンドを利用する場合はそれ自体も床などに固定する。
- 容器を使用しない場合には、必ずキャップを付けて口金を保護する。
- 容器の横置きが許されるのは一時的な保管に限られる。その場合、必ず転がり防止措置（歯止め）をする。
- 可燃性ガスや酸素容器の近くは「火気厳禁」である。
- 可燃性ガスや酸素容器の近くに油脂類、ぼろ布等燃えやすいものを置かない。
- 可燃性ガス容器は、電気機器、配線、アース線の近くに置かない。
- ガスは種類毎に区別して保管する。特に、可燃性ガス容器と酸素容器は同じ場所に保管しない。
- 容器には「充」「空」の表示をする。（「空」の容器は速やかに業者へ返却する。）
- 製造から 15 年経過したガスボンベは使用しない。

（３）使　用

- 容器弁（元弁）はスムーズに、静かに開閉する。急激に開くと着火することがある。
- ガスの使用を中断したり、終了した場合は、必ず容器弁で確実に閉める。
- 容器弁の具合が良くないときは直ちに業者に連絡し、その容器は使用しない。
- 酸素容器は、油類が少しでも附着すると発火の原因となる。油のついた手、手袋、工具で取り扱わない。
- 圧力調整器、減圧弁、圧力計、導管等は、そのガス専用のものを使用し、他のガスのものを流用しない。特に、酸素容器の場合は「禁油」表示のあるものを使用する。
- 容器や容器弁を加温する場合は、40℃以下の温湯で行う。
- 容器間でのガスの移し換えは禁止されている。
- 使用しなくなった容器は、速やかに業者に返却する。

容器弁

ガス充填口のネジは、可燃性ガスは左ネジ（ブロムメチル、アンモニアは右ネジ）、その他のガスは右ネジ（ヘリウムは左ネジ）である。

圧力調整器

一般にガスを使用する時は、圧力調整器で必要な圧力に減圧して用いる。調整器の取り扱いは形式によって異なるので、メーカーの取り扱い説明書に従って操作すること。

圧力調整器の袋ナットと容器弁のネジが合わない場合は適当なコネクターを用いて両者を接続する。また、圧力調整器の出口ジョイントには配管の種類によって適当なものを選ばなければならない。

４．２．３　ガス漏れ事故が発生した場合の対応

事故の状況に応じた適切な措置がとれるように、普段から、事故が発生した場合の対応を十分に検討しておく。特に、避難経路の確定、保安用具の完備、発火源の除去など事故の拡大を防止する対策を検討しておくことが必要である。

① できる限りガス容器の元弁を閉じる。
② 周辺の作業者に知らせ、避難させる。
③ 周辺の火気使用を停止させる。
④ 担当者に急報する。

４．３　ガラス器具の取り扱い

ガラス器具及びガラス取り扱いにおける事故の大部分は、切傷と火傷である。ガラス器具の事前点検を励行するとともに、次のことも十分注意しなければならない。

- コルク栓やゴム栓にガラス管、ガラス棒、温度計などを挿し込むときに破壊して事故が起こる。長い管、細い管は折れやすく、また折れると鋭い切口が手に突き刺さり負傷する。安全にガラス管などを差し込むには、栓の穴に、まず水、アルコール、グリセリンなどを塗り、滑りやすくする。その後、片手に栓を持ち、もう一方の手に差し込みガラス管などを持って栓または管を回しながら少しずつ押し込む。この際、左右の親指と親指の間隔は狭い程よい（5 cm 以下）。さらにタオルで手を保護しておけば、万一の場合にも安全である。
- 三角フラスコのような平たい面をもつガラス容器を使って、減圧実験をしてはならない。外圧で破壊する。
- ガラス製のビーカー、フラスコ、試験管などに固形物を入れるときには、容器を傾けて固形物を滑らせるようにして入れる（特に、攪拌子を入れる際には注意すること）。
- ガラス細工をするときには、保護眼鏡を着用する。また、不用のガラス破片は所定の場所へ捨てること（小さい破片は皮膚に刺さりやすいので十分注意して掃除しておくこと）。
- 可燃性のガスや蒸気の入っていた容器をガラス細工する場合には、予め窒素などの不活性ガスでそれらのガスや蒸気を十分置換しておかなければならない。
- 加熱されたガラスは、見た目では温度が分からず、触れて火傷することが多い。万一、火傷した場合には、直ちに冷水で冷やすこと（10 分以上）。
- ガラス封管、密栓を開くときは、内圧がかかっており、噴出したり爆発したりすることがあるので、注意して少しずつ開けること。また、必ず防爆マスクを着用のこと。必要に応じて

封管、アンプルなどを予め冷却し、内圧を下げておけばより安全である。また、アンプルの開封では、アンプルをタオル、雑巾などでよく巻いて、アンプルの口を自分と反対側に向けヤスリをかけ、開封するようにする。濃アンモニア水、発煙硝酸などの栓を開けるときにも、冷却後に雑巾で栓を覆って、少しずつ開けていく。一度途中で止めて、大気圧に等しくなってから、すべて開けるようにする。

４．４　化学物質の管理と取り扱い

４．４．１　岡山大学化学物質管理規程について

化学物質を適正に管理し、更に大学構成員の健康と安全衛生を守ると共に、環境保全に努め、全ての法令等を遵守する方策を構築するために、「国立大学法人岡山大学化学物質管理規程」が制定され、平成 26 年 4 月 1 日から施行されている。

（１）対象化学物質

対象とする化学物質は、関係法令等で規制を受ける元素及び化合物である。

関係法：　毒物及び劇物取締法
PRTR 法
消防法
高圧ガス保安法
労働安全衛生法
水質汚濁防止法

（２）化学物質管理体制

岡山大学の化学物質管理体制では、学長、部局長の下に、化学物質管理責任者、化学物質取扱・保管責任者、毒劇物取扱責任者が選任されており、これらの責任者によって化学物質を使用する者に対して管理、指導が行われる。

以下に、これらの責任者等の位置づけと行うべき業務を述べる。

１）化学物質管理責任者

指定組織単位（研究室、研究グループ等）毎に選任され、化学物質取扱・保管責任者、毒劇物取扱責任者に対して指揮命令を行う。

主な業務：　化学物質の数量照合作業の確認と部局長への結果報告
不適切な取り扱い、事故、盗難、紛失の場合の部局長への報告

２）化学物質取扱・保管責任者

化学物質を取り扱う部屋毎に選任され、化学物質の適正な管理、保管を行う。

主な業務：　受払簿等による化学物質の使用状況及び保管状況の把握
受払簿等による化学物質の数量照合作業
化学物質使用履歴（受払簿等）の保管
使用見込みのない化学物質の廃棄
使用する化学物質に関する情報の入手と使用者への周知
事故（飛散、漏洩、盗難、紛失等）の場合の措置と報告

事故防止、災害対策と使用者への指導

３）毒劇物取扱責任者

毒劇物保管庫毎に選任され、毒劇物を使用するものに対して教育訓練を行う。

４）化学物質使用者

部局長、化学物質管理責任者、化学物質取扱・保管責任者、毒劇物取扱責任者の指示に従い、関係法令等を遵守して化学物質を適切に取り扱う。事故の場合の適切な措置と化学物質管理責任者への報告を行う。学生はこれに該当する。

＊環境管理センター

学長が行う化学物質の監査を委任され、監査を実施する。部局が行う化学物質管理、教育訓練に協力し、岡山大学における適切な化学物質管理を支援する。

化学物質に関する相談窓口：

http://www.okayama-u.ac.jp/user/ace/gakunai/chemicals/chemicals.html

４．４．２　化学物質取扱上の一般的注意事項

（１）入　手

- 初めて入手する化学物質については、危険性や有害性などについても必ず調査する。
- 毒物、劇物に指定されている化学物質については、購入時に納入業者の納入伝票に捺印またはサインする。また、所定の受払簿等に必ず記録する。
- 危険物に指定されている化学物質は、研究室や実験室に保管できる数量が規制されていることに留意する。（４．４．５項参照）
- 危険性や有害性の少ない化学物質であっても必要以上の量は購入しない。

（２）使　用

- 使用する前に化学物質の性質や生成物の性質、またそれらの物質の取り扱い上の注意事項や法的な遵守義務等を MSDS 等により精査し、必要な安全対策を講じた上で作業を行う。
- 有機溶剤など、局所排気装置（ドラフトチャンバー）及びプッシュプル換気装置内での取り扱いが義務付けられている化学物質については、排気、換気装置を使用する。
- 化学物質の使用量が目的から見て最小の規模になるように、実験等の作業計画を立てる。不必要に大きなスケールの実験は、万一の事故を大きくする。
- 有害な化学物質については、身体に直接触れることのないように注意する。特に、溶液の飛散やガラス破片の飛来から目を守るため、保護眼鏡を必ず着用する。
- 保護眼鏡の他に保護手袋、保護マスク、保護面、安全ついたてなど、実験用保護具を常備する。また、消火器、救急手当用具などの位置を確認しておく。
- 使用中の薬品以外の実験台の上に不必要な薬品を置かない。使用後の薬品は所定の保管場所へ片付け、実験室内に放置しないようにする。
- 突発的な事故の危険があるので、一人で作業を行ってはならない。特に、夜間や休日は、事故の際に助けが得られないことが多い。
- 不慮の事故に備え、使用中の化学物質の MSDS はすぐに取り出せるようにしておき、病院等

で治療を受ける際に MSDS を持参できるようにしておく。

（３）保　管

- 試薬は、試薬名をはっきり表示した安全な容器に保管する。試薬名が消える恐れのある場合には、早めにラベルを貼り替える。
- 常用する化学物質でも実験室には最小必要量を保管する。
- 消防法指定の化学物質では、原則として危険物貯蔵所に保管し、実験室での保管は必要最小限に留めること。（４.４.５項参照）
- 薬品棚や保管庫には性質の異なった試薬が混在しないようにする。例えば、無機物は陰イオン別、有機物は官能基別などに整理する。混合による事故を防ぐには、試薬を危険性によって分類する。
- 地震の際に戸棚の試薬瓶が衝突、転倒、転落して割れることのないように、適当な仕切りや横木をつけるなどの工夫をする。このとき、混合による被害の拡大防止にも留意し、試薬瓶の適切な配置に努める。
- 毒劇物は一般の試薬とは区分し、施錠ができる堅固な金属製等の専用保管庫に保管しなければならない。また、受払簿等により取扱量を記録しなければならない。
- 熱的に不安定な試薬の保管には冷蔵庫が用いられるが、洩れた溶剤蒸気が着火源になるので注意を要する。防爆式の冷蔵庫を使用するのが望ましい。
- 研究室内に保管している化学物質のリストを作り、適正な管理を行う。

（４）廃棄時

- 古くなった試薬、使用する見込みのない試薬は、速やかに廃棄を検討する。内容物不明とならないようラベルのはがれや汚れに注意する。
- 廃棄処分に当たっては、産業廃棄物として廃棄物処理法に則って、専門の業者に委託しなければならない。その際、マニフェスト（産業廃棄物管理票）を部局で発行するので、必ず事務を通して委託する。

４.４.３　毒物及び劇物取締法に基づく管理

毒物及び劇物取締法では、毒物および劇物の製造業、輸入業、販売業、特定毒物研究者及び使用者、業務上の使用者に対して、保健衛生上の見地から必要な取締を行っている。毒物、劇物等は、半数致死量 LD_{50}（50% Lethal Dose）により分類され、具体的には同法別表および政令で定めている。

「毒物」　LD_{50}：50 mg/kg 以下（経口）、200 mg/kg 以下（経皮）
　　医薬品および医薬部外品のもの

「劇物」　LD_{50}：30～300 mg/kg 以下（経口）、200～1000 mg/kg 以下（経皮）
　　医薬品および医薬部外品のもの

「特定毒物」 毒物で非常に毒性の高い物質　＊特定毒物研究者（県知事許可）以外は所持禁止

以下に、毒劇物の取り扱いに関する注意点を挙げる。

- 毒劇物は、堅固で施錠機能のある専用保管庫に、毒劇物以外の化学物質と区別して保管し、鍵を管理する。

- 保管庫、容器、被包には、外部から明確に識別できるよう、図４－１に示す、毒物については赤地に白色の「医薬用外毒物」の文字、劇物については白地に赤色の「医薬用外劇物」の文字を表示する。また、小分けした容器にも同様の表示をする。

図４－１　毒劇物の表示

- 毒劇物を分取する場合、飲食物用として通常使用される容器を使用しない。(誤飲防止のため)
- 毒劇物の受け入れ、使用、廃棄及び譲渡に際しては、その都度、受払簿に年月日と数量の履歴を記録して、使用状況と保管状況を把握する。
- 数量は試薬瓶毎に管理する。重量管理する場合は、風袋込みの重量で管理する。
- 1 年に 1 回以上、受払簿等と保管庫内の化学物質の数量を照合する。化学物質の全種類について、数量の一覧表と棚卸の対比表を作成し、化学物質管理責任者の確認を受ける。この際、受払簿等にも照合作業の記録を残す。
- 毒劇物を使用するものに対し、毒劇物の安全な取り扱い等について教育訓練を行う。

４．４．４　PRTR 法に基づく管理

PRTR とは、Pollutant Release and Transfer Register（汚染物質の排出および移動の登録）の略で、人や生態系に対してリスクを及ぼす可能性のある有害物質が、どこからどれだけ環境中に排出されたか、あるいは廃棄物などに含まれて事業所の外に運び出されたか、というデータを集計し、公表する仕組みである。

「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」（化学物質排出把握管理促進法、化管法、PRTR 法）として法制化されている。

PRTR 法では、人の健康や生態系に悪影響を及ぼす恐れのある化学物質を定め、これを第一種指定化学物質と第二種指定化学物質の 2 つに区分している。第一種指定化学物質については、環境中に排出した量と廃棄物や下水として事業所の外へ移動させた量を、年 1 回届け出ることが義務付けられている。

４．４．５　消防法に基づく管理

消防法における危険物とは、火災や爆発を引き起こす危険性の高い化学物質のうち、固体または液体のものである。（気体については高圧ガス保安法の規制を受ける。）消防法では、危険物をその性状に基づいて表 4－2 に示す 6 つの類に分類し、貯蔵や取扱方法を定めている。

一定数量以上の危険物を貯蔵し、又は取り扱う場合には、一定以上の技術上の基準に従わなければならない。この基準となる数量を指定数量と呼び、指定数量以上の危険物の貯蔵・取扱は一般的に禁止されている。また、指定数量未満であっても、指定数量の倍数の総和が 0.2 倍以上の危険物を同一の場所において貯蔵し、又は取り扱う場合には、当該場所は少量危険物貯蔵取扱所として法の規制を受け、消防署への届け出が必要となる。

環境理工学部は、危険物貯蔵所として届出をした建屋を有している。危険物は原則としてこの危険物貯蔵所に保管すること。万一の事故・災害に際し被害拡大の要因とならないよう、また法令遵守のためにも、実験室での保管は必要最少量とすること。表 4－3 に、主な引火性液体の指定数量を示す。

表 4－2 危険物の分類

	分類	性質
第 1 類	酸化性固体	そのもの自体は燃焼しないが、他の物質を強く酸化させる性質をもつ固体。 可燃物と混合したとき、熱、衝撃、摩擦により分解し、きわめて激しい燃焼を起こす。
第 2 類	可燃性固体	火炎により着火しやすい固体、または比較的低温（40℃未満）で引火しやすい固体。 出火しやすく、かつ、燃焼が速い。
第 3 類	自然発火性物質 禁水性物質	空気にさらされることにより自然発火し、または水と接触して発火し、または可燃性ガスを発生する。
第 4 類	引火性液体	液体であって、引火性を有する。
第 5 類	自己反応性物質	固体または液体であり、加熱分解などにより比較的低い温度で多量の熱を発生し、または爆発的に反応が進行する。爆発を目的とする火薬類は火薬類取締法で規制される。
第 6 類	酸化性液体	そのもの自体は燃焼しない液体であるが、混在するほかの可燃物の燃焼を促進する性質をもつ。

表 4－3 主な引火性液体の指定数量

品　名		該当する主な物質	指定数量
特殊引火物		ジエチルエーテル	50(ℓ)
第 1 石油類	非水溶性	酢酸エチル ノルマルヘキサン	200(ℓ)
	水溶性	アセトン アセトニトリル	400(ℓ)
アルコール類		メタノール エタノール	400(ℓ)
第 2 石油類	非水溶性	キシレン	1000(ℓ)
	水溶性	酢酸	2000(ℓ)

４．４．６　労働安全衛生法に基づく管理

労働安全衛生法（安衛法）では、健康障害の防止措置として、作業環境測定の実施、労働者に対する健康診断の実施、労働者に対する安全衛生教育の実施などが定められている。また、安全衛生管理体制を整えることを定めている。

化学物質については、特定化学物質（第一類、第二類、第三類物質）と有機溶剤（第一種、第二種、第三種）が主な規制対象となる。これらの物質を取り扱う人の作業環境が基準（管理濃度）を満たしているか、6 ヶ月に 1 回測定しなければならない。

特定化学物質を扱う上での注意点

- 排ガス処理装置付きのドラフトチャンバー内で使用する。
- 実験室での飲食、喫煙を禁止する。（実験室と居室の分離）
- 洗浄装置（洗眼、緊急シャワー等）を設置する。

- 局所排気装置を定期的に（年１回）自主検査する。
- 作業環境測定を定期的に（6ヶ月に１回）実施する。
- 特定化学物質等健康診断を実施する。

有機溶剤を扱う上での注意点

- ドラフトチャンバー（局所排気装置）内で使用する。
- 局所排気装置を定期的に（年１回）自主検査する。
- 作業環境測定を定期的に（6ヶ月に１回）実施する。
- 有機溶剤等健康診断を実施する。

４．４．７　事故時の対応

- 化学物質を使用中に事故が発生した場合、状況を速やかに把握し、周囲に知らせて応援を求め、退避、避難、救助活動を行う。
- 化学物質による急性中毒や事故等の場合、その化学物質の名称、性質、量を消防、救急、医師に速やかに伝え処置を行う。その際、原因化学物質の MSDS があれば、迅速で適切な処置の助けになる。
- 事故現場に原因化学物質や危険性のある化学物質の存在が疑われる場合は、二次災害に注意する。
- 化学物質の保管、使用において、化学物質の飛散、漏れ、流れ出し、しみ出し、地下へのしみ込みなど、保健衛生上の危害が生じた、あるいは、生じるおそれがあるときは、直ちに応急措置を講じ、化学物質管理責任者に報告する。
- 化学物質の盗難または紛失の場合は、直ちに化学物質管理責任者に報告する。
- 事故等の報告を受けた化学物質管理責任者は、直ちに部局長に報告する。部局長は、関係機関に届け出るとともに、環境管理センター長を経由して学長に報告する。

４．５　実験機器の取り扱い

４．５．１　高圧装置（オートクレーブ等）の取り扱い

圧力と体積の積が 0.004 $MPa \cdot m^3$ を超える圧力容器は、第一種圧力容器としての規制を受ける。第一種圧力容器には、第一種圧力容器取扱作業主任者の選任と毎月の定期自主検査が義務づけられている。

オートクレーブの取り扱いについての注意事項を列挙する。

- 必ず指定された圧力，温度範囲内で使用する。
- 容器の内部とパッキングは清潔に維持する。
- 容器内の水量を確認し、空だきを避ける。
- 排気ボタン・バルブの開閉は慎重に行い、温度・圧力が十分に下がっていることを確認してからふたを開ける。
- フランジ式のふたを閉めるとき、ボルトは対角線上のものを一対として順次に数回に分けて一様に締めていくようにする。フランジや高圧バブルの締めすぎに注意する。

- 安全弁の吹出口，圧力計のガラス面などを実験者の方向に向けたまま操作してはいけない。
- 滅菌したものは、まだ高温のままであるので、耐熱手袋などを着用して火傷を避ける。
- オートクレーブ内のガス置換、操作終了後の余剰ガスの放出に際しては注意を要す。特に水素、酸素、アセチレン、酸化エチレンなどを用いる実験室では、必ず太い管で屋外の安全な個所までガスを導いて放出する。
- 安全弁の作動に注意し，安全性を確認する。

４．５．２　真空装置の取り扱い

- ロータリーポンプには、オイルミストトラップを装着するのが望ましい。装着していない場合は、ロータリーポンプオイルによる周囲の汚染に注意する。
- ロータリーポンプの運転から数分しても、ポンプの音が小さくならない場合は、装置のどこかに漏洩（リーク）があるので、ポンプを止めてリーク箇所の点検を行う。
- 各真空継ぎ手の部分からのリークに注意すること。
- 油拡散ポンプ（ディフュージョンポンプ）やターボモレキュラーポンプを運転する前には、冷却水を流すことを忘れてはならない。（一部の小型のターボモレキュラーポンプでは、空冷のものもある。）
- ディフュージョンポンプやターボモレキュラーポンプ運転中は、ポンプの一部が高温になっているので手で触れないようにする。
- ガラス製の真空容器を使用する場合は、圧力差により容器が破損する恐れがあるので、容器の傷に十分注意する。
- 真空測定機器は、その機器が使用できる範囲内の圧力時にのみ使用する。（測定可能圧力範囲は、各機器の取扱説明書等を参考にすること。）
- 超高真空時（10^{-8}Pa 以下）については、各装置の管理責任者の指導に従い、各装置の注意事項を熟知しておく。

４．５．３　遠心機等の取り扱い

遠心機械、高速回転装置の一般的な注意事項を列挙する。

- 内容物の飛散を防止するため、ふたの取付けを厳重に行う。
- 付属している適正なローターあるいはバケットを使用し、許容最高回転数以下で使用する。
- ローター及びバケットの交換を要する場合には、回転軸に正しく取り付け、きちんとはまっていることを確認する。
- ローターにアンバランスが発生しないように、対称の位置にチューブやバケットを設定する。
- 運転中は、ふたを開けたり、機械本体に衝撃を与えない。
- 回転が完全に停止するまで、ローターや回転軸に触れない。
- 定期自主検査を行う。

４．５．４　送風機、空気圧縮機の取り扱い

- 送風機や空気圧縮機の高速回転部（軸、ベルト、ファンなど）に不用意に近づいて巻き込ま

れないようにする。また、近くで作業する場合には運転を停止する。
- 空気圧縮機はタンクのドレン抜きを励行する。
- 油空圧回路は個々の部品の定格を守って配管する。管路には必ず安全弁を取り付けて異常高圧とならないようにし、常に圧力計を見ながら加圧、減圧を行う。
- 空気圧回路の配管は無圧状態で行う。
- 停止後は、減圧して大気圧にしておく。

４．５．５　Ｘ線発生装置等の取り扱い

X 線発生装置には、広角および小角 X 線回折装置や蛍光 X 線分析装置の他、高電圧電子顕微鏡、あるいはサイクロトロンやストレージリングなどの粒子加速器も含まれる。

以下に、X 線発生装置等を取り扱う場合の注意事項を列挙する。

図 4－2 放射線発生装置使用室の表示例

- X 線使用室の入口ドアには、機器の設置および定格出力の表示をしなければならない（図 4－2)。
- X 線を発生させている間は、使用室入り口に X 線が発生中である旨を示した表示を出しておく。
- X 線スイッチを入れる際は、電圧と電流のスイッチが最小の位置で行う。特に、回転対陰極型の発生装置の場合は、真空度が充分に良くなっていることを確認した後に、X 線を発生させる。
- 目的の電圧値及び電流値に設定する際は、電圧から徐々に上げていく。必要があればエイジング（低電圧、低電流で一定時間 X 線発生装置を作動させること）を行う。
- コリメーターの装着及び装置からの漏洩 X 線等のしゃへい状況が充分であることを確認してから、シャッターを開け測定すること。
- X 線回折装置には、散乱 X 線防御用プラスチック製のフードを設置し、通常フードは閉めた状態で運転しなければならない。
- 回転対陰極を用いる X 線発生装置では、強力な X 線が発中されるので、被曝しないよう特に注意する。
- X 線発生部と回折計の接合部（シャッター、モノクロメーターを含む）の取り付け及び調整は、装置管理者の立ち会いの下で行う。
- X 線の発生を停止させる場合は、電流から下げていき、その後に電圧を下げる。その後、電圧と電流のスイッチが最小の位置で X 線スイッチを切ること。
- X 線機器室内では必ず X 線測定用クイクセルバッジを着用する。クイクセルバッジは定期的に交換し被曝線量を確認する。
- 予防規程に従い、装置の点検並びに漏洩 X 線量の測定を行う。

４．５．６　レーザーの取り扱い

レーザー製品の製造、使用の国際的基準が IEC60825－1 により定められており、日本にはこれに準拠した安全基準が JIS C6802 にある。レーザー光はエネルギー密度が高く、直接光はもちろ

ん、反射光であっても眼障害や皮膚障害を引き起こす可能性があるので、十分な注意が必要である。危険度の目安として以下のように安全のクラス分けがしてある。

（1）安全クラス

クラス 1 ：　本質的に安全
　　He-Ne で 10 μW 程度
クラス 2 ：　瞬きで安全が保たれる
　　He-Ne で 1 mW 以下、3 W 以下の単パルス可視レーザー
クラス 3A：　少し危険（直視しなければ安全）
　　CW で 5 mW 以下、10 W 以下の単パルス可視レーザー
クラス 3B：　かなり危険（直視は直接、反射光とも危険、拡散反射光は安全）
　　CW で 0.5 W 以下の可視レーザー
クラス 4 ：　とても危険（拡散反射光も危険）
　　0.5 W 以上

（2）設　置

- レーザー装置は、できるだけ独立した部屋又は領域に設置する。特に、クラス 3B 以上のレーザーを使う区域は、管理区域として関係者以外の立入りを制限する。
- レーザー装置は、できるだけビーム光路が目の高さにならないように設置する。
- レーザービームは、有効な光路の末端で吸収体等を用いて終端する。
- レーザー光の散乱を防ぐため、使用器具や部屋の壁などは無反射の黒色とすることが望ましい。
- ビームが偶然にミラー状の表面（反射面）に直接向けられることがないように予防策を講じる（光路近辺の整理、光学系の固定、必要なコーティング等）。
- 火災の可能性があるので、レーザー装置の設置されている場所に多量の引火性物質を貯蔵してはいけない。

（3）表　示

- クラス 3A 以上の場合、レーザー装置本体及びその設置してある場所の出入口で目に付きやすい所に、必ず警戒標識を掲示する（図 4－3）。
- クラス 3B 以上の場合、使用時に点灯する自動運転表示を設置する。

図 4－3 レーザー装置使用室の表示例

（4）取り扱い

- いかなる場合にも、レーザービームを直視したり、身体でさえぎってはいけない。
- レーザーを扱うときは必ずレーザー波長に適合した保護メガネを着用する。
- レーザー装置の調整は、できるだけ機械的又は電気的手投を用いて行うようにする。特に、クラス 4 の場合には、可能な限り遠隔操作によって行わなければならない。
- クラス 3B 以上のレーザーを使用する場合は、インターロック、鍵による制御、ビーム遮断器等必要な安全対策を講じる。
- クラス 3B 以上特にクラス 4 のレーザーを運転、操作する場合には、拡散反射の危険性を防

ぐため、防護具（保護眼鏡、保護衣）を着用する。
- 指輪、腕時計等による反射光に注意する。
- レーザー装置には高電圧電源が使用されているので、感電等に注意する。

４．５．７　乾燥器等の取り扱い
- 無人の研究室でヒーター類を長時間稼働させることはできるだけ避ける。
- 高温で使用する場合，過剰な連続使用や庫内に試料を詰めすぎたりすると火災を発生する恐れがある。これらの事故を防ぐために，空きスペースを残して使用する。
- 長時間連続使用する場合は過熱防止器など対策を施して使用する。ヒーターのスイッチは使用者がタイマー終了後に必ず切る。
- 火災および爆発の危険性があるため、乾燥器内で溶液の蒸発濃縮などは行ってはならない。

４．５．８　インキュベータ（恒温槽）の取り扱い
- 発火による故障や負傷、火傷や感電の原因となるため、発火の原因となるような金属物や異物、引火性のものをインキュベータ内へ入れない。
- 試料からのガスなどの発生を考慮し、密閉容器に試料は入れない。
- 乾燥機、インキュベータ内に水などをこぼすとショートする可能性があるので注意する。
- ヒーターのスイッチは、使用者が使用終了後に必ず切る。
- 長時間連続使用する場合は、空炊きやオーバーヒートに対する対策を充分に施してから使用する。
- 研究室に誰もいないときには、ヒーター類を長時間稼働させることは避ける。

４．５．９　超音波破砕、洗浄器の取り扱い
- 超音波破砕、洗浄器の発振子は強力な超音波を発振しているので、触れてはならない。
- 超音波処理中に試料が高温になる場合があるので、試料容器を素手で操作してはならない。

４．５．１０　ドラフトチャンバーの取り扱い
- 使用前に必ず排気ファンの作動を確認してから使用する。
- 実験中の突発的な事故や、ドラフトチャンバー内部の薬品を吸引する等の事故を防止するため，観察扉はできるだけ閉めて作業を行う。
- 感電事故防止のため、濡れた手でスイッチ類の操作および電源プラグの抜き差しは行わない。
- ガス等の臭気がするときは直ちにガスの元栓を閉め，窓や扉を開けて室内を十分に換気する。排気ファンや換気扇を回そうとすると、スイッチなどから火花が発生し、充満したガスに引火・爆発する危険があるので注意を要す。
- ドラフトチャンバー内でホットプレート等の熱源を使用するときは、内壁，観察扉からできるだけ離して使用する。
- 定期自主検査を行う。

４．５．１１　電気炉の取り扱い

火災、火傷、感電に注意しなければならない。特に、100～500℃での使用は炉内が赤くないので、他人に対して使用中であることを掲示等で明示する。

- 炉の周辺を整理整頓し、特に可燃物を近くに置かない。
- 炉を必要以上に高温にしない。また、使用中、異常な臭いなどに注意し、最高温度付近では炉の側で監視する。
- 炉本体やディフュージョンポンプの高温部に触れない。
- ディフュージョンポンプの断水に注意する。
- 昇温された試験片などに直接手で触れない。

４．６　工作機械等の取り扱い

４．６．１　工作機械の取り扱いに関する一般的注意事項

- 刃物類が回転する機械は、巻込みによる事故を防ぐため、「巻込注意」等の表示をし、手袋は着用しない。
- 機械を操作するのに適した服装をし、必要な防護具を着用する。
- 使用前点検を励行する。また、使用後は片付けと掃除を行う。
- 慣れない機械は独断で操作しない。
- 工作物及び刃物の取り付けは完全に行う。
- 機械の回転惰力を手または工具等で無理に止めない。
- 機械を作動させたまま現場を離れない。
- 自動送りを掛けたままの状態で機械を停止させない。再起動させた場合、非常に危険である。

４．６．２　主な工作機械の取り扱い

（１）旋　盤

- 材料及びバイトの取付けを確実に行う。
- チャックハンドルを付けたまま主軸を回転させない。（ハンドルが勢いよく投げ出され危険）
- 切り粉を手で取り除かない。（巻き込み，切創の防止）
- バイトの交換は、必ず主軸の回転を止めてから行う。（巻き込み防止）
- 軍手を使用しない。（巻き込み防止）

（２）ボール盤

- ドリルのチャッキングは確実に行う。
- ワーク（材料）はバイスなどで確実に固定する。（ワーク回転による切創、打撲の防止）
- 切り始め、抜け際は慎重に行う。
- 軍手を使用しない。（巻き込み防止）

（３）グラインダー類，高速切断機（研削砥石）

高速回転する砥石で研磨や切断を行うこれら機械では、万一砥石が破損した場合には砥石片が勢いよく飛散し、大けがを負う危険がある。また、材料および砥石から発生する粉じんによる健

康障害を防止しなければならない。

- 使用前に砥石の状態を確認し 1 分間以上の試運転を行う。なお、試運転の際は万一の砥石破損に備え、砥石回転面に立たないこと。
- 砥石の交換は特別教育を受けた者が行う。砥石交換後は 3 分間以上の試運転を行う。
- 砥石の最高使用周速度を超える周速度で使用すると、砥石が破壊し、大事故を招く恐れがある。砥石は適合品を正しく取り付けなければならない。
- 引火性の気体・液体の存在する場所では、発火、引火の恐れがあるので使用しない。
- 保護眼鏡、防じんマスクを着用する。また、巻き込み防止のため軍手は着用しない。
- 高速切断機では、作業時も砥石回転面に立たない。また、万一砥石が破壊した場合に備え、砥石片が飛び出す方向に人がいないことも確認する。
- 砥石の破損防止のため、一部の砥石を除き、砥石の側面で研磨しないこと。

（4）溶接作業（アーク溶接）

アーク溶接作業においては、感電、やけど、アークによる目の障害、煙に含まれる金属微粒子による呼吸器障害などに注意が必要である。

- アーク溶接作業に従事する者に対しては、特別教育の実施が必要である。
- 感電や火傷防止のため、皮膚が露出しない服装、安全靴（運動靴）を着用する。
- 作業者は、遮光面、皮手袋、防じんマスクを使用しなければならない。
- アーク溶接作業に使用する溶接ホルダー、交流アーク溶接用自動電撃防止装置、漏電遮断器などの安全用具、安全装置について使用開始前に点検を行う。

４．６．３　クレーンの取り扱い

クレーンの運転及び玉掛け作業には、免許、資格等のいずれかが必要である。無免許者、無資格者はこれら作業を行わないこと。

クレーンの操作、玉掛け作業において注意すべき主な点は次のとおりである。

- 吊り荷重量を把握（目測）しワイヤロープを選定する。また、重心を見極める。
- 地切り*したら巻き上げを一旦停止し、ブレーキが利いていることを確認する。
- 吊り荷の下に入らない。また、運搬経路の人払いをする。
- 作業者は、ヘルメット、安全靴、手袋を着用する。

＊「地切り」とは、吊り荷が床から完全に離れることを言う。

４．７　野外実習における安全

環境理工学部では、野外における実習や観測も数多く行われる。以下に示す事項の他、個々に予想されるリスクについて、十分な対策をしておくこと。

（1）事前計画・準備

- 調査にでる前には、学生・指導教員の間で、調査内容・目的・調査範囲等についてよく相談し、口頭で確認するだけでなく、連絡先や日程を明記したメモを残しておく。
- 出発前にその日の天気予報を見ておく。

- 早出・早帰りを心がけ、帰路に時間的な余裕を持たせることが必要である。
- 調査前日は不摂生をせず、十分な睡眠をとる。

（２）服装および携行品

- 野外で実習を行う場合、天候の影響を受けることが強く、有害生物の攻撃に曝される可能性も高い。夏季の場合でも露出部分が少なく機能性に優れる服装（長袖シャツ・長ズボン）を選ぶ。帽子は熱中症の予防のため必需品である。
- 履き慣れた運動靴をきちんと着用して、機動性のある状態にしておく。場合によっては、安全靴、トレッキングシューズ、長靴を履く。

（３）危険生物等に対する注意

野外で比較的遭遇しやすい危険生物として、マムシとスズメバチがあげられる。

１）マムシ（毒ヘビ）

- マムシは沢筋や湿地など湿った場所に多いが、キャンプ場や山頂の岩場に潜んでいることもある。草むらに踏み入る際は注意する。対策として、安全靴か長靴を履く。
- 万一ヘビに咬まれた場合は、先ず何に咬まれたかを、ヘビの特徴、牙痕から判断する。
- 毒ヘビであれば、直ちに毒液を吸い出す。携帯用の器具を使用するのが良いが、なければ水を流しながら絞り出す。また、縛っておくだけでも毒の吸収を遅らせる効果はある。患者は安静にする。
- 血清を投与する必要があるので、最寄りの役場や保健所などに問い合わせる。
- 次第に咬傷部位が腫れてくるが、腫れの進行の遅い症例もあるので油断しないこと。

２）スズメバチ

- 山林で二、三匹のスズメバチが大きな羽音を立てて接近してきたら近くにスズメバチの巣がある証拠なので、静かにその場から後退する。
- スズメバチの巣に知らない間に近づいて突然数十匹のスズメバチに襲われたら、まず、すばやく地面に伏せ、両手で目をかくしてじっとしていること。手で払いのけようとすると逆にハチを刺激して危険。
- 黒い色に攻撃するので、白っぽい帽子・服装をするのも襲撃を防ぐ一つの手段である。
- もし刺されたら体を激しく動かすことを避け、気分が悪くなるようなら医師の手配をしてもらう。危険な時期は８～10 月頃で、死亡例もあるので用心する。

（４）その他

- 作業中の交通事故に注意する。作業に集中していて周囲の出来事に気が付かないこともあるから、チームメンバーが互いに注意しあうことも安全確保に欠かせない。
- 夏季には水分補給を十分に行い、定期的に休憩時間を取り、気分が悪くなった場合はチームメンバーに連絡して対処する。（熱中症については２.４.１２項を参照）
- 悪天候が予想される場合には、早めに切り上げること。万が一、悪天候・日没などのため帰れなくなった場合には、無理をせずに安全な場所を探して休息し、条件が良くなってから行動する。
- 夕立の時には落雷をさけるため安全な建物に避難する。やむを得ない時には金属製品を身から離し、身を低くし、高い木の下等には行かない。車の中は比較的安全である。

- 野外調査中に何らかの事故が発生した場合には、現場でできる適切な応急措置を行った後、直ちに大学に連絡をとること。どうしても連絡がとれないときは、現地で地元の方に協力を依頼する。